

Análisis comparativo de alternativas de obtención de carbonato de litio en Argentina

Martin Thames Cantolla
K. Silvana Valdez
María Tinte Montalbetti
Blanca A. Abregú
Agustina Orce

Facultad de Ingeniería, INBEMI. Universidad Nacional de Salta
E-mail: core.mtc@hotmail.com

RESUMEN

En los últimos años cobró importancia mundial la explotación del litio debido a que se incrementó la demanda de la industria electrónica. En Argentina, actualmente, la explotación de salmueras con contenido económico de litio se realiza en distintos salares de la puna salteña, jujeña y catamarqueña. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo de los procesos de obtención de Carbonato de Litio mediante el cálculo del punto muerto de producción. Puntualmente, el trabajo se centra en el estudio de dos de ellos: uno directo y otro a partir de un producto intermedio (Fosfato de Litio). Se estudiaron los procesos para la recuperación de productos refinados de litio, haciendo énfasis en los costos de producción involucrados. Se calculó la contribución marginal conjunta de cada línea productiva a través de la recuperación de productos y subproductos de las salmueras. y se analizó la contribución marginal para cada uno de los productos considerados.

ABSTRACT

In recent years, the exploitation of lithium acquired a global importance because of the increasing requirements of the electronics industry. In Argentina, the exploitation of brines with economic content of lithium is currently carried out in different salars of the Puna of Salta, Jujuy and Catamarca Provinces. The objective of this work is to carry out an economic comparative study of the processes of obtaining refined lithium product Li_2CO_3 . Specifically, the work focuses on the study of two processes of obtaining: one direct and another from an intermediate product (Lithium Phosphate). An analysis of the production costs involved and the joint marginal contribution of each line of production, measured through the recovery of products and by-products of brines from the Argentine Puna is carried out. The equilibrium point was also calculated.

PALABRAS CLAVES

Producción, carbonato, litio, costos, proceso.

INTRODUCCION

El litio en el Mundo

Hasta hace quince años, el litio era utilizado solo por fabricantes de vidrio, cristal cerámico, grasas lubricantes y por la industria farmacéutica para desarrollar antidepresivos. La demanda aumentó con el desarrollo de la tecnología de baterías; esto implica la búsqueda de componentes más livianos y baterías de mayor resistencia. Estas baterías de ion de litio (o Li-Ion) están basadas en diferentes sistemas electroquímicos en los que el litio constituye el electrodo negativo. Desde el año 2000, la demanda de litio viene creciendo alrededor de 30% por año [1].

Actualmente, el litio desempeña un rol central en la industria automotriz, como componente de las baterías recargables para automóviles eléctricos (EV) e híbridos (HEV). El 25% de la producción mundial de litio se utiliza para baterías de autos, celulares, cámaras digitales, notebooks y tablets. El 30%, para el sector metalúrgico, aires acondicionados y medicina. El otro 50% lo demandan las industrias aeroespaciales, de cerámica y de lubricantes [1].

La producción de litio a escala mundial es de aproximadamente unas 43.000 toneladas métricas (t), mientras que las reservas identificadas globalmente son de alrededor de los 24.000.000 t. En la Tabla 1 se indican los valores de producción y reservas de litio correspondiente a los tres últimos años [2], [3].

Tabla 1: Producción y reservas por Países.

PAÍS	PRODUCCIÓN (t)			RESERVAS (t)
	2015	2016	2017	
Argentina	3.800	5.800	5.500	2.000.000
Australia	13.400	14.000	18.700	2.700.000
Brasil	160	200	200	48.000
Chile	11.700	14.300	14.100	7.500.000
China	2.200	2.300	3.000	3.200.000
Portugal	300	400	400	60.000
Zimbawue	900	1.000	1.000	23.000
Bolivia	-	-	-	9.000.000
TOTAL	32.460	35.300	42.900	24.531.000

Fuente: Elaborado a partir de [2-3].

Por su parte, Sudamérica presenta una zona llamada "Triángulo del Litio" (Bolivia, Chile y Argentina) la cual posee el 85% de las reservas mundiales. En donde Bolivia concentra en el Salar de Uyuni el 50% de las reservas mundiales de litio (aun sin producción), mientras que Chile posee el 25%. El porcentaje restante se concentra en Argentina.

El litio en Argentina

En las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca se encuentran las mayores reservas de litio de Argentina. En la Tabla 2 se puede apreciar los yacimientos de Litio en cada provincia [4].

Tabla 2: Principales yacimientos de litio en Argentina.

Provincia	Yacimiento
Salta	Salar Centenario Salar de Arizaro Salar de Llullaillaco Salar del Rincón Salar de Incahuasi
Catamarca	Salar del Hombre Muerto
Jujuy	Salar de Olaroz Salar Chancari Salar Laguna de los Pozuelos Salinas Grandes

Fuente: Elaborado a partir de [4]

El litio es procesado física y químicamente por métodos diversos de acuerdo a la naturaleza de la fuente primaria (salmuera o mineral) y luego comercializado en el mercado internacional, principalmente como carbonato (Li_2CO_3), cloruro (LiCl) y en menor medida, como hidróxido ($\text{Li}(\text{OH})$). Estos commodities pueden ser utilizados directamente como materia prima en la producción de diversos bienes, o en procesos industriales que buscan agregado de valor.

El cloruro de litio, por su parte puede ser considerado un producto primario cuando es obtenido a partir de salmueras o secundario cuando se obtiene a partir del carbonato de litio. Cabe destacar que, el hidróxido también puede ser obtenido a partir del carbonato de litio a razón de 1 tonelada por cada 0,88 toneladas de carbonato.

Tabla 3: Productos y Subproductos de Litio.

Producto / Subproducto	Usos
Carbonato de litio	-Vidrio cerámico -Psiquiatría -Barnices para porcelana y cerámicas eléctricas -Recubrimiento de electrodos para soldadura al arco -Pinturas, barnices y colorantes luminiscentes
Carbonato de Calcio	-Cauchos naturales y sintéticos. -Alimentos para animales. -Hules y plásticos. -Relleno mineral.
Carbonato de Magnesio	-Antiácidos y laxantes -Quemaduras -Mezclas de polvos para la cara -Absorbente de la nitroglicerina -Fabricación de papel para cigarrillos -Refuerzo en cauchos para dar cuerpo
Hidróxido de Magnesio	-Antiácido -Precipitación de metales pesados (Fe, Cu, Zn, y Ni) -Carga ignífuga para materiales plásticos -Refinado del azúcar
Cloruro de potasio	-Fertilizantes -Farmacéutica -Alimenticia -Construcción -Agro -Hemodiálisis y soluciones intravenosas
Cloruro de Sodio	-PVC y pesticidas -Curtido de cuero -Alimentación humana y animal
Sulfato de Calcio	-Agente texturizante (alimentos) -Hidratación del concreto -Inmovilizante de las articulaciones que han sufrido luxaciones y en los huesos fracturados. -Fertilizante.
Sulfato de Sodio	-Desecante en el laboratorio o la industria química (anhidro) -Fabricación de celulosa -Detergentes -Diluyente de tinturas -Elaboración de químicos hiposulfito de sodio y sulfato de aluminio sodio)

Fuente: Elaborado a partir de [5-12]

La forma más normal de comercialización de litio es el carbonato, por lo que las estadísticas de comercio internacional usuales estén expresadas en "Carbonato de Litio Equivalente" (LCE). Las diferentes formas de explotación del litio según la naturaleza de la reserva explotada (salmuera o mineral) y las diversas aplicaciones finales que se le asignen al commodity explican que su comportamiento en el mercado sea diferente a otros tradicionales, en particular el cálculo de producción total,

exportaciones, importaciones y precios [2].

El uso de productos y subproductos

Dentro del proceso de obtención del carbonato de litio a partir de salmueras, se obtienen una importante variedad de subproductos. En Argentina, actualmente, estos se descartan como desechos del proceso. Sin embargo, muchos de ellos tienen interesantes usos, los mismos se muestran en la Tabla 3, en donde además de mencionarlos se presentan las aplicaciones de cada uno de ellos [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis comparativo de los costos involucrados en dos alternativas de producción de carbonato de litio, una en la cual el producto se obtiene de manera directa y otra en el cual se obtiene un subproducto intermedio (fosfato de litio). Esto se realiza con los fines de generar información adecuada para la toma de decisiones.

DESARROLLO

Alternativas de producción

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, el principal producto de litio que se comercializa en Argentina es el carbonato de litio. Siendo su valor comercial de aproximadamente U\$S 13.000 por tonelada. Esto lo convierte en el producto "estrella" de la mayoría de las empresas que actualmente se encuentran trabajando con este mineral.

A fines de analizar en detalle operaciones, equipamiento, consumos y condiciones operativas, se elaboró una planilla de cálculo. Mediante esta herramienta se calcularon los balances de materia y energía para los procesos de obtención de carbonato de litio de alta pureza, como base de cálculo se tomó el procesamiento de 1 t/h de carbonato de litio como salida del sistema. Cabe mencionar que los datos considerados en la planilla fueron extraídos de trabajos anteriores correspondientes a los autores de este trabajo, como así también de datos reales de la industria y valores de propiedades físicas y

térmicas obtenidas experimentalmente por el equipo de trabajo.

Cabe destacar que ambos procesos son llevados a cabo actualmente por diferentes empresas de la zona, siendo su identificación de carácter confidencial.

Para continuar el trabajo se identificarán los procesos como: PROCESO A y PROCESO B, y se realizará una descripción simplificada de cada uno de ellos [13-16].

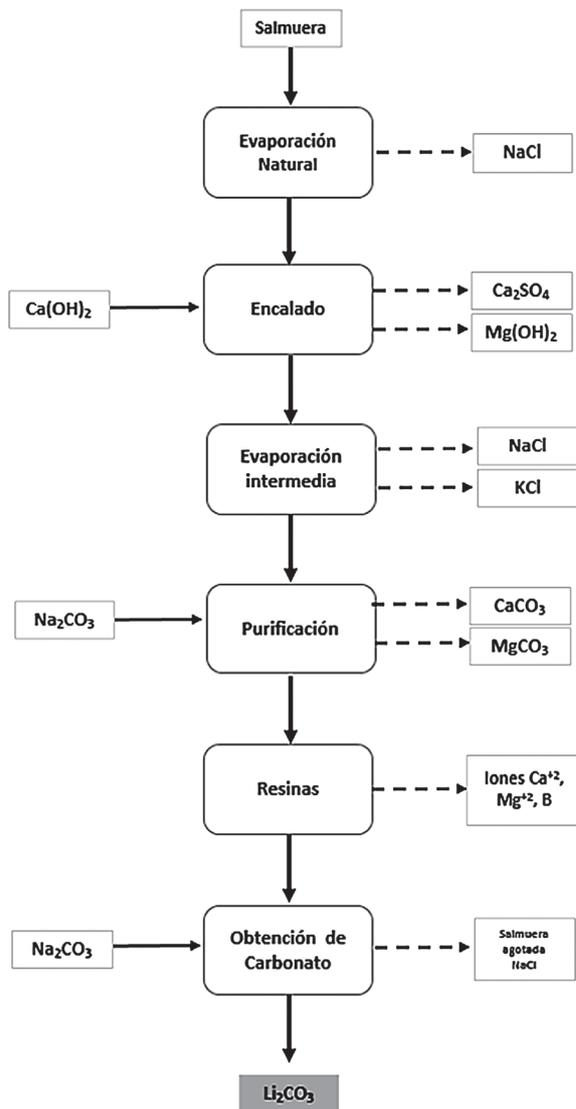


Figura 1: Diagrama PROCESO A.

PROCESO A

Este proceso es conocido como el “proceso clásico” el cual ha sido y es llevado a cabo por algunas empresas. El mismo sufre algunas modificaciones de acuerdo a las condiciones

iniciales de la salmuera, las cuales contienen otros iones como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , entre otros. A continuación, se describen de manera simplificada las etapas que se llevan a cabo en dicho proceso. Cabe mencionar que, en este caso, debido a las concentraciones que presentaba la salmuera empleada para realizar la comparación de ambos procesos, no se obtuvo precipitados de KCl . En la Figura 1 se presenta un diagrama simplificado de dicho proceso.

Evaporación natural

El proceso inicia extrayendo la salmuera del salar con bombas, que la transportan por cañería de PVC hacia piletas de evaporación natural en donde la salmuera permanece hasta alcanzar entre 700-2000 ppm de Li^+ . El tiempo de permanencia de la salmuera en las piletas dependerá de la concentración inicial, cuanto mayor sea la concentración de Na^+ , K^+ y Li^+ , menor será el tiempo. En esta etapa se busca reducir el NaCl presente.

Purificación

Luego de haberse eliminado la mayor cantidad de las impurezas presentes, la salmuera pasa a una etapa de purificación en donde se agrega carbonato de sodio (reactivo de mayor costo) con el propósito de eliminar las impurezas de magnesio y calcio como carbonatos.

Encalado

En esta etapa la salmuera previamente vaporada de la etapa anterior se purifica mediante la reacción con hidróxido de calcio. El agregado de la cal elimina el magnesio y sulfato presentes en la salmuera que se está tratando.

Evaporación intermedia

Una vez eliminadas las impurezas, la salmuera se encuentra lista para una evaporación intermedia en la cual se busca extraer las sales que hayan quedado presentes en la salmuera y aumentar la concentración de litio. En esta etapa precipitan los remanentes de NaCl y el KCl .

Paso por resinas

El paso de la salmuera por todas las etapas anteriores nos da como resultado una solución con reducida presencia de iones Ca^{+2} , Mg^{2+} y B pero que continúan representando una impureza para el producto final que se quiere obtener (carbonato de litio). Es por ello que se hace pasar la salmuera por resinas de intercambio iónico, en donde los iones mencionados quedan retenidos y se obtiene una solución con una mejor pureza.

Obtención de Carbonato

Finalmente, la solución es tratada nuevamente con carbonato de sodio en caliente, ahora con el objeto de obtener carbonato de litio. Cabe mencionar que en esta etapa se vuelve a obtener cloruro de sodio, pero en menor cantidad que en las etapas anteriores.

Cálculo de punto muerto de producción

Una vez descrito el proceso, se calcularon los costos de producción. Cabe mencionar que estos valores fueron determinados teniendo en cuenta las necesidades de producción establecidas según el proceso y no tienen vinculación directa con ninguna empresa por lo que los valores podrían presentar importantes diferencias con los que una minera trabaja mensualmente.

El costo de mano de obra de producción contempla 25 operarios, 3 jefes de turno, 5 operarios de mantenimiento y 5 analistas de laboratorio; además, de 7 personas entre gerente y administrativos. Los costos fijos incluyen: servicios, mantenimiento, insumos, gastos administrativos y comerciales. Una vez conocidas la cantidad de carbonato de litio, su precio de mercado y los costos que se incurren en el proceso, se puede calcular la contribución marginal de este producto y su punto de equilibrio [16], [17]. Ambos pueden observarse en las Figuras 2 y 3.

También se calcularon las cantidades de producto y subproductos que se pueden obtener con dicho proceso. Las mismas se encuentran expuestas en la Tabla 4, en donde además del tipo de compuesto, se detallan

las cantidades y cuáles son los precios de mercado de cada uno de ellos.

Las cantidades presentadas se obtuvieron a partir de balances de materia teóricos considerando un 5% de exceso para los reactivos y considerando que la salmuera a procesar contiene 0,4% de Li^+ , 109,5% de Na^+ , 8,2% de K^+ , 1% de Ca^{+2} , 3,83% de Mg^{+2} y 7,22% de SO_4^{-2} .

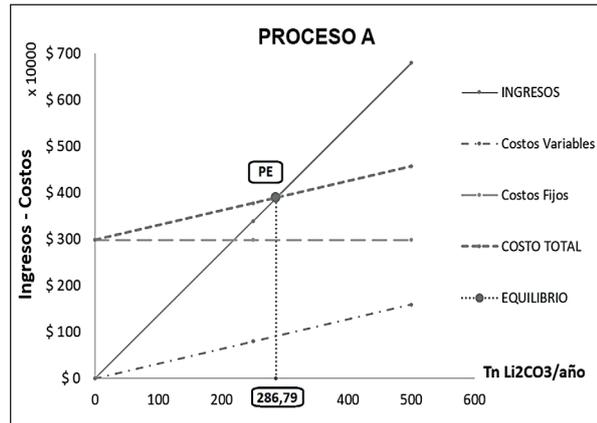


Figura 2: Punto de equilibrio para PROCESO A.

El punto de equilibrio es el nivel de producción en el cual se igualan los costos totales e ingresos totales. Se obtiene a partir de la ecuación (1), en donde la Contribución Marginal unitaria se calcula como la diferencia entre el precio y el costo variable unitario:

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Contribución Marginal unitaria}} \quad (1)$$

$$\text{Punto de Equilibrio A} = \frac{\$117.642.069,40}{\$410.206,79} = 286,79$$

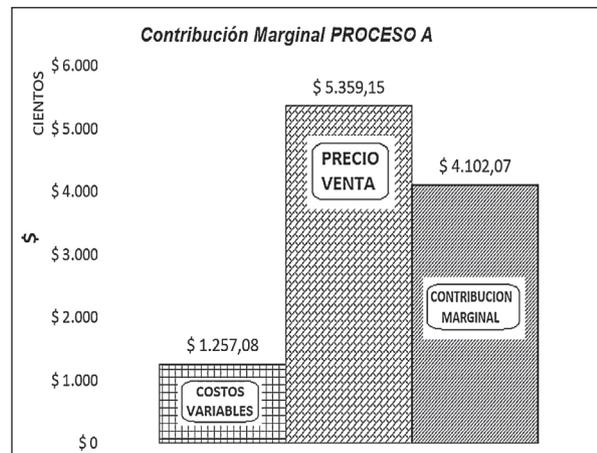


Figura 3: Contribución Marginal para PROCESO A.

Tabla 4: Productos y Subproductos del PROCESO A.

Producto/ Subproducto	Cantidad (t)	Precio de Mercado (\$/t)	Precio de Mercado (USD/t)
Carbonato de Litio	1	535.914,67	13.567,46
Cloruro de Sodio	130,9	28.214,06	714,28
Sulfato de Calcio	4,86	9.875,00	250
Hidróxido de Magnesio	4,36	549,05	13,9
Carbonato de Calcio	7,44	43.575,22	1.103,17

PROCESO B

Este proceso presenta algunas modificaciones con respecto al PROCESO A, generando un producto de litio en una etapa intermedia, antes de obtener el carbonato de litio. A continuación, se describen brevemente las etapas que se llevan a cabo en dicho proceso. En Figura 4 se presenta un diagrama simplificado de dicho proceso.

Purificación 1

El proceso inicia con el tratamiento de la salmuera con hidróxido de calcio, el mismo es agregado a la salmuera para la eliminación de impurezas de calcio y magnesio (al igual que en el PROCESO A).

Purificación 2

Luego la salmuera es tratada con carbonato de sodio con el objeto de continuar eliminando las impurezas de calcio y magnesio que hayan quedado disueltas y no hayan sido eliminadas en la etapa anterior. En este caso, las impurezas se obtienen en forma de carbonatos en ambos casos (carbonato de calcio y carbonato de magnesio).

Obtención fosfato de litio

La solución que ya ha sido purificada en dos etapas anteriores, es tratada con fosfato de sodio, para obtener el fosfato de litio cristali-

zado, el cual es tratado en la etapa siguiente.

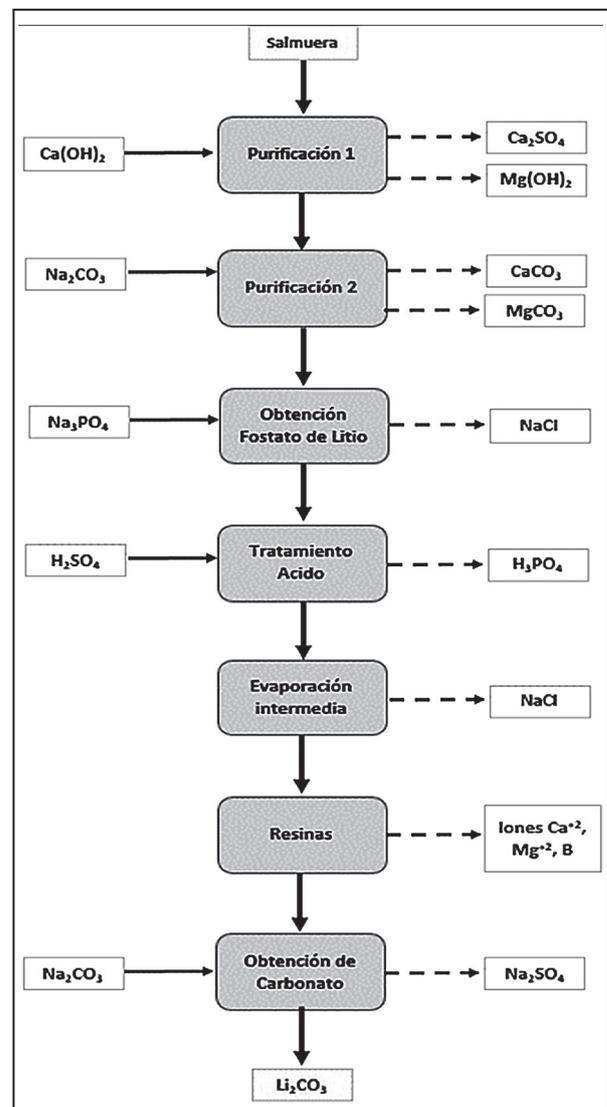
Cabe destacar que en esta etapa se obtiene como desecho cloruro de sodio.

Tratamiento ácido

En esta etapa se trata el fosfato de litio obtenido anteriormente con ácido sulfúrico, esto se realiza para llevar el litio a solución y continuar eliminado cualquier impureza que pueda contener.

Evaporación intermedia

La solución purificada es calentada con el objeto de eliminar el agua y obtener cristales de sulfato de litio.


Figura 4. Diagrama PROCESO B.

Resinas

La solución es acondicionada a pH básico y se la purifica con intercambio iónico. El objetivo de esta etapa es reducir la concentración de boro, calcio y magnesio que afectan la calidad del producto final (carbonato de litio).

Obtención carbonato

Finalmente, a la solución se le agrega nuevamente carbonato de sodio para lograr el precipitado del carbonato de litio. En esta etapa, se obtiene como desecho el sulfato de sodio.

Cálculo de punto muerto de producción

Al igual que en el caso anterior, una vez descrito el proceso, se calcularon los costos de producción. Cabe mencionar que estos valores fueron calculados teniendo en cuenta las necesidades de producción establecidas según el proceso y no tienen vinculación directa con ninguna empresa por lo que los valores podrían presentar importantes diferencias con los que una minera trabaja mensualmente. Para el cálculo del costo de mano de obra de producción se contemplaron 30 operarios, 3 Jefes de turno, 5 operarios de mantenimiento y 5 analistas de laboratorio; además, de 7 personas entre gerente y administrativos. Los costos fijos incluyen: servicios, mantenimiento, insumos, gastos administrativos y comerciales.

Una vez conocidas la cantidad de carbonato de litio, su precio de mercado y los costos que se incurren en el proceso, se puede calcular la contribución marginal de este producto y su punto de equilibrio. Ambos pueden observarse en las Figuras 5 y 6.

También se analizaron las cantidades de producto y subproductos que se pueden obtener con dicho proceso. Las mismas se encuentran expuestas en la Tabla 5, en donde además del tipo de compuesto, se detallan las cantidades y los precios de mercado de cada uno de ellos.

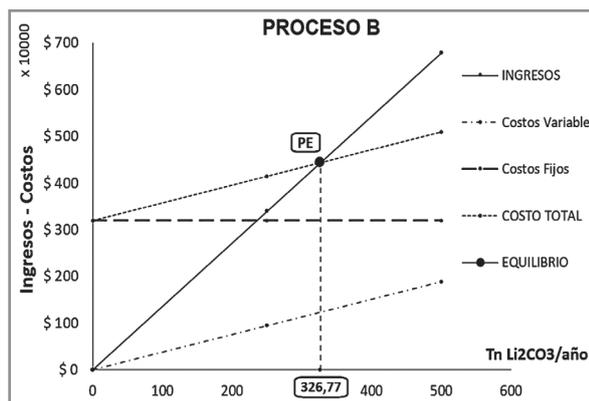


Figura 5: Punto de equilibrio para PROCESO B.

Para el cálculo del punto de equilibrio, empleamos la ecuación (1):

$$\text{Punto de Equilibrio B} = \frac{\$126.416.583,40}{\$386.868,92} = 326,77$$

Tabla 5: Productos y Subproductos del PROCESO B.

Producto / Subproducto	Cantidad (t)	Precio de Mercado (\$/t)	Precio de Mercado (USD/t)
Carbonato de Litio	1	535.914,67	13.567,46
Cloruro de Sodio	112,51	28.214,06	714,28
Sulfato de Calcio	4,859	9.875,00	250
Hidróxido de Magnesio	4,36	549,05	13,9
Carbonato de Calcio	7,44	43.575,22	1.103,17
Ácido Fosfórico	0,89	81.507,86	2.063,49
Sulfato de Sodio	1,91	5.015,71	126,98

Comparación

De acuerdo a lo observado en las tablas anteriores correspondientes a ambos procesos, se puede ver que el PROCESO A, presenta un mejor rendimiento, teniendo en cuenta que en ambos casos se utilizó la misma salmuera con igual volumen.

Lo que se traduce en una mejor estructura de costos. De la Figura 6, se puede ver que

con el PROCESO A, la contribución marginal unitaria del carbonato de litio es mayor que el PROCESO B.

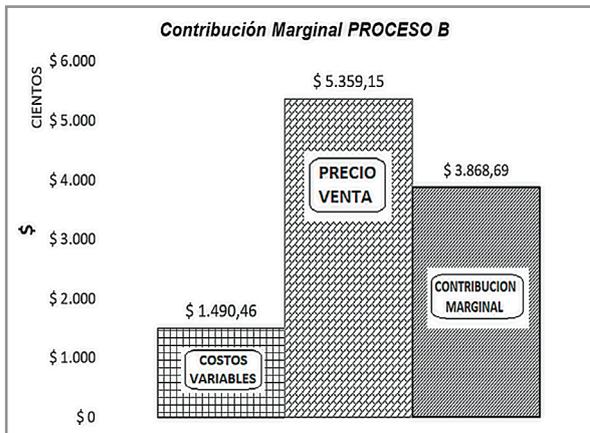


Figura 6: Contribución Marginal para PROCESO B.

Consideraciones

Para el análisis comparativo de los procesos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Depreciaciones en activos fijos: En el proceso B se requiere de tres tanques agitados y calefaccionados, para la obtención de fosfato de litio, operación que no está presente en el proceso A. Esto genera un costo relevante no erogable (depreciaciones) que se estima como costo fijo por utilizar el método de depreciación lineal.

- Costos Variables: generados por las materias primas, insumos, servicios (gas natural y agua industrial) y transporte (costo por tonelada transportada).

- Costos Fijos, generados por la mano de obra que involucra: 3 jefes de producción (1 para cada turno), 25 operarios de producción para el Proceso A y 30 para el Proceso B, 5 operarios de mantenimiento y 5 analistas de laboratorio por turno de trabajo. Además de 5 administrativos, 1 jefe de ventas y un gerente general. Se consideran también los costos fijos de los servicios, las depreciaciones y amortizaciones, mantenimiento de equipos y de los sistemas de gestión, gastos comerciales, administrativos y financieros.

- Se consideró trabajar la misma salmuera en ambos casos (0,4 % Li).

- Los reactivos son agregados con un 5%

en exceso debido a impurezas, rendimientos de reacciones, etc.

- El volumen de Salmuera con el que se analizó cada proceso es el mismo y es 469,7 m³.

- El volumen de producción anual de carbonato de litio es de 50.000 t.

- Las cantidades se obtuvieron de forma estequiométrica.

- No se considera la regeneración y reciclo de reactivos.

Análisis de Contribución Marginal por Recurso Escaso

Para este análisis se consideró que la disponibilidad de las materias primas es un recurso escaso, puntualmente se analizaron dos recursos: Carbonato de Sodio (Na₂CO₃) y la Cal (CaO) por su dificultad para conseguirse. Cabe destacar que Sudamérica cuenta con una sola planta fabril que produce Na₂CO₃ (ALPAT) y la misma se encuentra situada en Rio Negro, Argentina. Por otra parte, el CaO se comercializa en la provincia de Jujuy, por la empresa Los Tilianes y en San Juan por la firma FGH S.A.

A continuación, en las Tablas 6 y 7, se puede apreciar la comparación de las contribuciones marginales para ambos procesos.

Tabla 6: Contribución Marginal Recurso escaso Na₂CO₃

CM Na ₂ CO ₃	Proceso Clásico	Proceso Alternativo
Tn Carbonato de Sodio / Tn Li ₂ CO ₃	9,69	9,86
Contribución Marginal unitaria (Li ₂ CO ₃)	\$410.206,79	\$ 386.868,92
Contribución Marginal/ Recurso escaso	\$ 42.326,89	\$ 39.242,39

Tabla 7: Contribución Marginal Recurso escaso CaO.

CM CaO	Proceso Clásico	Proceso Alternativo
Tn Cal / Tn Li ₂ CO ₃	5,45	5,56
Contribución Marginal unitaria (Li ₂ CO ₃)	\$ 410.206,79	\$ 386.868,92
Contribución Marginal/ Recurso escaso	\$ 75.314,59	\$ 69.609,13

Con lo cual, se puede decir que en el PROCESO A la contribución marginal por recurso escaso es mayor (en ambos casos). Lo que, al momento de tomar una decisión entre ambos, si nos encontrásemos limitados por la cantidad de Carbonato de Sodio o por la cantidad de Cal, la elección más acertada sería la de elegir el PROCESO A por sobre el B.

Como se mencionó en las consideraciones realizadas, ambos procesos fueron evaluados utilizando la misma salmuera. Se partió del mismo volumen de salmuera y se realizaron los cálculos correspondientes a las reacciones que tendrían lugar en cada etapa (según corresponda). Comparando las Tablas de cantidades de productos/subproductos se puede ver que el PROCESO A en principio permite obtener una mayor cantidad del producto deseado (carbonato de litio).

Cabe mencionar también que los consumos energéticos se han visto reducidos en el PROCESO A, esto es debido a la menor cantidad de equipamiento empleado. Sin embargo, debe notarse que en el PROCESO B, existen diferentes reactivos que pueden regenerarse y volver a emplearse generando un ahorro en los costos de producción. Con ello se vería disminuido el Costo Variable ya que sería necesario adquirir reactivos en menor cantidad.

CONCLUSIONES

No existe un único proceso de obtención para uno de los productos de litio más demandados actualmente.

Se realizó comparación en iguales condiciones de trabajo: mismo volumen de salmuera

inicial y mismos rendimientos en reacciones. En este caso en particular, para una salmuera de 0,4% de Li⁺, el punto de equilibrio para el PROCESO A es de 285,15 t de Li₂CO₃ mientras que para el PROCESO B es de 321,81 t de Li₂CO₃.

Si se analiza la estructura de costos, el PROCESO A (proceso clásico) resultó con mejores rendimientos, obteniéndose mayores cantidades de carbonato de litio e incurriendo en menos costos, lo que representa una mayor contribución marginal. A su vez, este proceso presenta una mejor contribución marginal por recurso escaso.

Cabe mencionar que el PROCESO B, es más flexible que el PROCESO A, ya que permite disponer de un producto intermedio, como lo es el fosfato de litio. Este último, tiene un valor en el mercado y otorga un nuevo ingreso por ventas, ante una caída en la demanda del carbonato de litio.

Queda como trabajo a futuro, el análisis de ambos procesos para distintas concentraciones de salmueras.

REFERENCIAS

- [1] Fundación DAR: "Informe Litio", http://www.desarrolloargentino.org/sites/default/files/download/informe_litio_y_toyota_tsusho.pdf, Ingreso: marzo 2016.
- [2] La minería del litio, la única que crece en el país, *El Inversor energético y minero*, 95, 2015
- [3] Mineral Commodity Summaries 2018, <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2018-lithi.pdf>, Ingreso: Junio de 2018.
- [4] El triángulo del Litio. <http://www.lamineriaentuvida.com.ar/triangulo-del-litio/>, Ingreso: Septiembre de 2017.
- [5] Carbonato de Litio. <http://quimicainorganica2012.blogspot.com.ar/2012/03/carbonato-de-litio-li2co3.html>, Ingreso: agosto de 2017
- [6] Usos y aplicaciones del Carbonato de Calcio. <http://www.piedrasdecorativas.cl/carbonato-de-calcio-aplicaciones.htm>, Ingreso: Agosto de 2017

- [7] Las principales aplicaciones y usos del carbonato de magnesio. <https://www.quiminet.com/articulos/las-principales-aplicaciones-y-usos-del-carbonato-de-magnesio-61139.htm>. Ingreso: Agosto de 2017
- [8] Para qué sirve el hidróxido de magnesio. <https://www.onsalus.com/para-que-sirve-el-hidroxido-de-magnesio-19626.html>. Ingreso: Agosto de 2017.
- [9] Conozca las aplicaciones industriales del cloruro de potasio. <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-aplicaciones-industriales-del-cloruro-de-potasio-2657523.htm>. Ingreso: agosto de 2017.
- [10] ¿Para qué sirve el cloruro de sodio? <http://elsiglo.com.ve/2016/07/28/cloruro-de-sodio/>. Ingreso: agosto de 2017.
- [11] Sulfato de Calcio (CaSO_4): Estructura Química, Propiedades y Usos- <https://www.lifeder.com/sulfato-calcio/>. Ingreso: agosto de 2018
- [12] Sulfato de sodio. https://www.ecured.cu/Sulfato_de_sodio . Ingreso: Agosto de 2018
- [13] Flores, H.; Valdez, S.; Orce, A. (2016) *Influence of the evaporation rate over lithium recovery from brines*. *World Journal of Research and Review*, 3(1), 66-70.
- [14] Flores, H. et al., (2018) *Recuperación de hidróxido de magnesio en salmueras de la Puna argentina*. *Minería y Geología*, 34, 210-222
- [15] Nieves, A., et al. (2014) *Análisis técnico-ambiental de la producción de carbonato de litio en el NOA*. CADI: Desarrollo Regional. Vinculación Universidad, Empresa y Estado.
- [16] Bottaro, O.; Rodríguez Jáuregui, H.; A, Yardin. (2004) *El comportamiento de los costos y la gestión de la empresa*. Editorial: La Ley, Buenos Aires.
- [17] Yardin, A. (2012) *El Análisis Marginal: La mejor herramienta para tomar decisiones sobre costos y precios*. Librería Editorial. 3° Edición. Buenos Aires.